

УДК 616.28

## АЛГОРИТМ РОБОТИ ЗАСОБУ РЕЄСТРАЦІЇ ОТОАКУСТИЧНОЇ ЕМІСІЇ У ДВОХ РЕЖИМАХ ВИМІРЮВАННЯ СИГНАЛІВ

Д. Ю. Лебедев, канд. техн. наук, доц.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»,

d.lebedev@kpi.ua

*Розроблено алгоритми роботи системи реєстрації отоакустичної емісії (ОАЕ) в режимах реєстрації сигналів затримання викликаної отоакустичної емісії (ЗВОАЕ) та сигналом отоакустичної емісії на частоті продукту спотворення (СПОАЕ) для об'єктивного слухового скринінгу на основі методу реєстрації сигналів ОАЕ. Вимірювальний тракт та тракт генерації акустичних стимулів для роботи даних алгоритмів реалізовані на базі цифрового сигнального процесора модуля StarterKit TMS320VC5510.*

**Ключові слова:** реєстрація ОАЕ, слуховий скринінг, діагностика слуху, отоакустична емісія, алгоритм, вухо.

*Development of algorithms of the system of registration of otoacoustic emissions (UAE) in the signal acquisition transient evoked otoacoustic emission (ZVOAE) and otoacoustic emission signal at a frequency distortion product (Spoa) for objective auditory screening method based on the signal recording UAE. Measuring path and path generation of acoustic stimuli for these algorithms are implemented based on a digital signal processor module StarterKit TMS320VC5510.*

**Keywords:** registration of the OAU, the hearing screening, diagnosis of hearing loss, otoacoustic emission, the algorithm ear.

### Вступ

Як відомо, перші роки життя немовляти є критичними для розвитку мовлення та соціально-емоційних навичок.

Отже, дуже важливе значення має раннє виявлення порушень слуху. Напри великий жаль, несвоєчасне виявлення порушень слуху в дітей першого року життя веде до розвитку глухонімоти.

Останні наукові дослідження [1] свідчать, що серед дітей з вадами слуху у 90 % ці вади є природженими й лише у 10 % — набутими.

Отже, надзвичайно важливого значення набуває раннє виявлення порушень слуху за допомогою сучасних об'єктивних діагностичних методів, насамперед, скринінгових та правильне оцінювання потенційних можливостей слухової системи таких дітей.

Об'єктивний метод реєстрації сигналів отоакустичної емісії (ОАЕ) — один із ефективніших у західних країнах, оскільки він дуже чутливий, а його проведення займає лише 3–5 хв.

Як відомо, сигнали ОАЕ генеруються структурами завитка внутрішнього вуха людини спонтанно або у відповідь на зовнішню акустичну стимуляцію, а їх спектральний склад та інтенсивність мають діагностичну цінність і несуть інформацію про стан внутрішнього вуха людини.

На сьогодні в Україні технічні засоби для слухового скринінгу новонароджених не виготовляються, тому створення вітчизняного засобу реєстрації сигналів ОАЕ для проведення масово-

го скринінгу новонароджених визначає актуальність даної роботи.

### Аналіз останніх досліджень та публікацій

Об'єктивні методи реєстрації сигналів ОАЕ, описані в працях [1–2] успішно застосовуються в сучасній аудіологічній практиці з метою слухового скринінгу дітей. Використовуються процедури реєстрації «ехо-сигналів» на частоті продукту спотворення та затриманої викликаної ОАЕ, що завжди виникають і які реєструють у нормально чуючих дітей після акустичної стимуляції органу слуху людини.

Засіб реєстрації «ехо-сигналів» реалізує два основні режими роботи:

- реєстрацію сигналу викликаної затриманої ОАЕ (ТАОЕ);
- реєстрацію сигналу ОАЕ на частоті продукту спотворення (DPOAE) [3].

### Постановка завдання

Розглянемо функціонування всіх складових засобу реєстрації ОАЕ із врахуванням алгоритмів роботи засобів в окремих режимах обстеження. Це дозволить сформувати уявлення про вказаний вище засіб дитячого слухового скринінгу в цілому та зрозуміти взаємодію всіх їх структурних компонентів при реалізації системою реєстрації ОАЕ різних процедур обстеження.

На рис. 1 наведена структурна схема засобу, яка відповідає запропонованій автором структурі [4].

Розробимо алгоритми роботи для режимів реєстрації сигналів ТАОЕ та DPOAE.

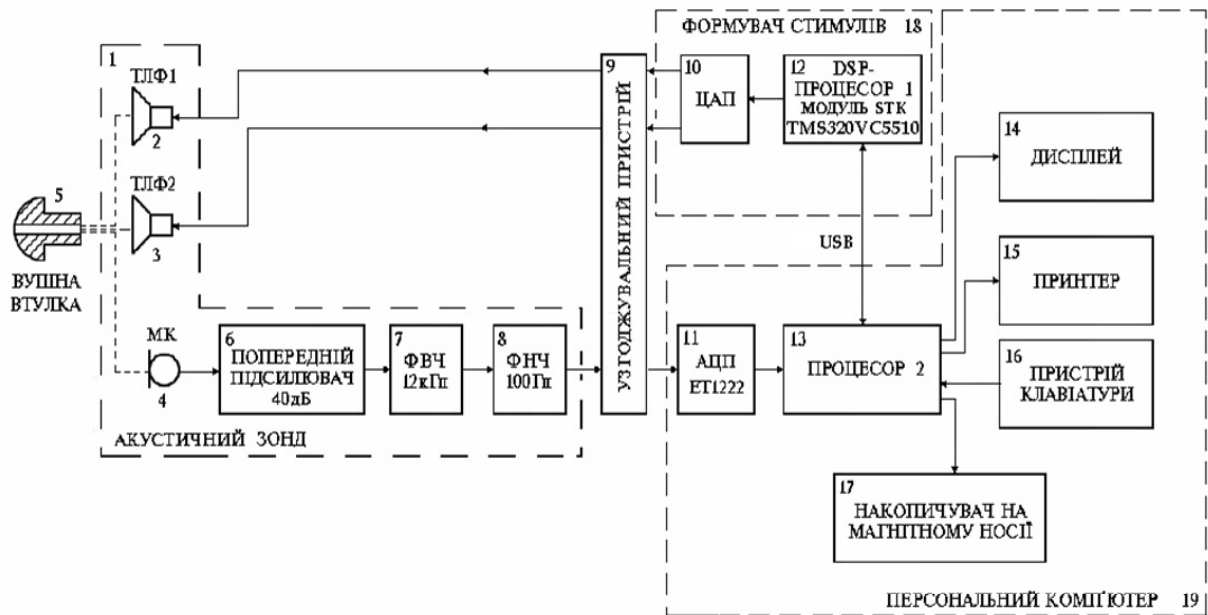


Рис. 1. Узагальнена структура засобу реєстрації ОАЕ

### Вирішення поставленого завдання

У першому із вказаних режимів (рис. 1) після закінчення введення вихідних параметрів обстеження, вибору персоналом типу вушної втулки 5 залежно від розмірів зовнішнього слухового проходу обстежуваного та встановлення в нього акустичного зонда 1 дані параметрів стимулів передаються з ПЕОМ 19 через USB-порт на формувач 18 стимулів, основу якого складає DSP-процесор 12. Відповідно до встановленої інтенсивності стимулюючого сигналу DSP-процесор 12 генерує на перший із двох каналів ЦАП 10 послідовність кодів керування для відтворення на його виході короткого тону тривалістю в один період стимулу. Відтворена тональна послілка через узгоджувальний пристрій 9, де масштабується по амплітуді, надходить на перший телефон ТЛФ1 акустичного зонда для перетворення в акустичний стимул.

Протягом перших 3 мс вимірювальний тракт засобу реєстрації не функціонує, оскільки в цей час в зовнішньому слуховому проході пацієнта присутнє ехо відбитого від стінок проходу акустичного стимулу. І лише після закінчення 3 мс інтервалу паузи DSP-процесор 12 дає команду процесору 13 ПЕОМ 19 запустити АЦП 11 на процедуру вимірювання звукового тиску, створеного в зовнішньому слуховому проході обстежуваного. Даний акустичний сигнал, у складі якого міститься «ехо-сигнал» викликаної затриманої ОАЕ, через мікрофон 4, попередній підсилювач 5, фільтри 7, 8 та узгоджувальний пристрій 9 (де підсилюється з коефіцієнтом 25) попадає у вигляді електричного сигналу на вхід АЦП 11 (рис. 2). Через кожні 25 мкс АЦП здійс-

нює чергове вимірювання, а процесор 13 формує протягом близько 13 мс масив із 512 результатів вимірювання, які є вихідними для подальшої реалізації процесором 13 процедури синхронного накопичення дискретизованого сигналу та наступного його усереднення з метою виділення «ехо-сигналу» із фонового шуму (рис. 3).

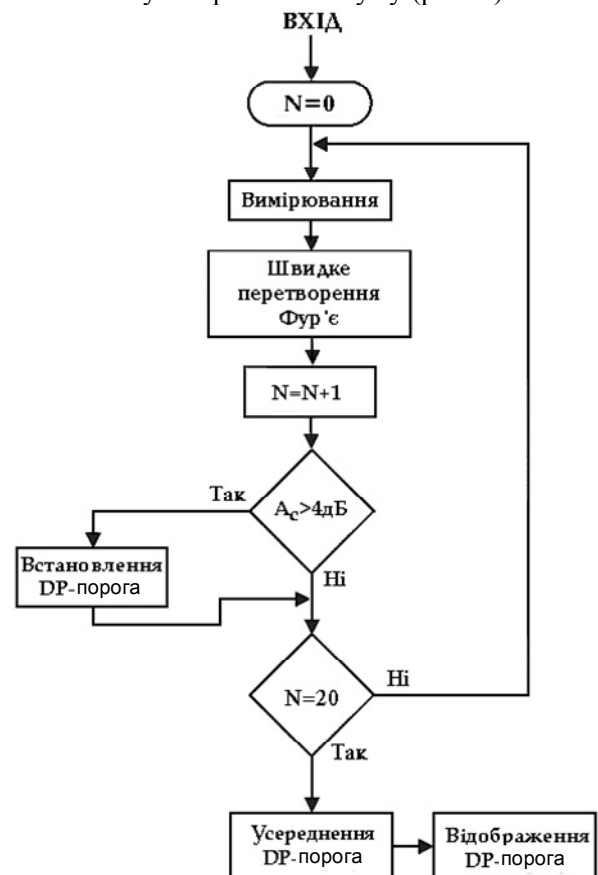


Рис. 2. Алгоритм роботи програми макета засобу при реєстрації «ехо-сигналу» викликаної затриманої ОАЕ

Описана вище процедура повторюється доти, доки лічильник не зрівняється з кількістю циклів вимірювань  $N_i$ , яка встановлюється перед початком обстеження обслуговуючим персоналом системи.

Після цього накопичений та усереднений сигнал підлягає швидкому перетворенню Фур'є з

метою визначення спектра усередненого сигналу, який потім разом із самим сигналом відображається на екрані дисплею 14 ПЕОМ 19.

Реалізація другого режиму обстеження, а саме реєстрації «ехо-сигналу» на частоті продукту спотворення здійснюється таким чином (рис. 4).

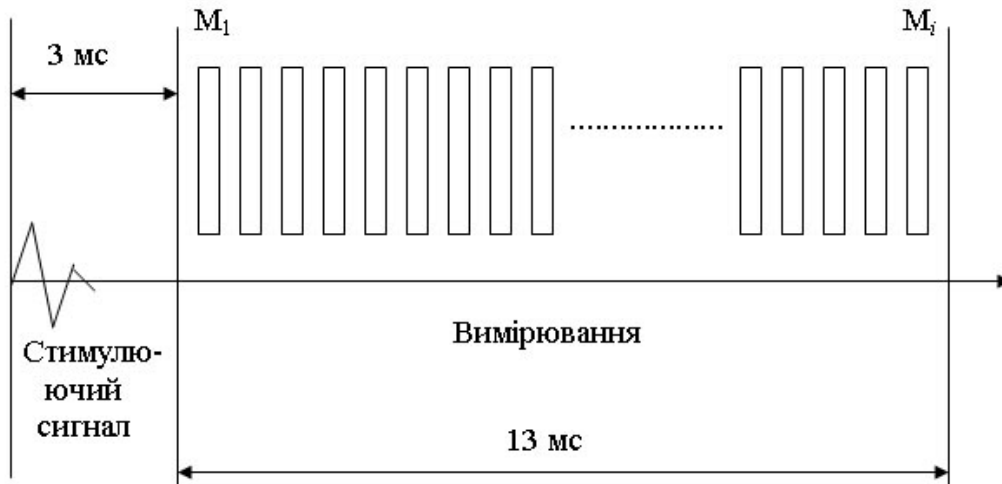


Рис. 3. Часова діаграма роботи засобу у режимі реєстрації сигналів ТОАЕ

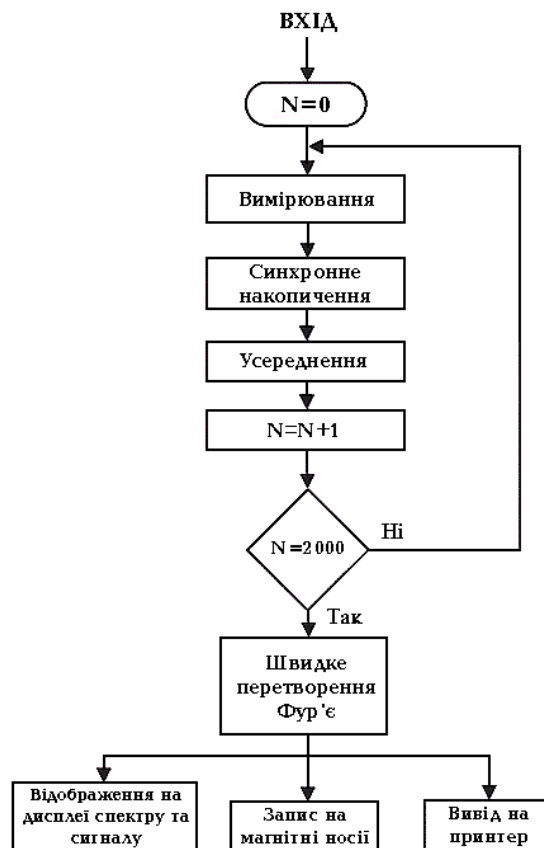


Рис. 4. Алгоритм роботи програми макета засобу при реєстрації «ехо-сигналу» на частоті продукту спотворення

На відміну від розглянутого вище режиму в даному випадку встановлюються параметри не одного, а двох стимулів, при цьому сумісна робота процесора 13 та формувача 18 виконується аналогічно описаному вище. Таким чином, на виході ЦАП 10 DSP-процесор 12 відтворює одночасно два неперервні тональні сигнали, які через узгоджувальний пристрій 9 та телефони 2, 3 перетворюються в акустичні стимули заданої інтенсивності.

Після цього одразу починається робота вимірювального каналу, аналогічно розглянутому вище режиму формується масив даних із 512 результатів вимірювання, який є вихідним для реалізації процесором 13 процедури швидкого перетворення Фур'є та отримання окремої спектральної реалізації. Далі процесор 13 перевіряє умову, за якої інтенсивність сигналу на частоті продукту спотворення повинна перевищувати рівень шумів на 4 дБ. У цьому випадку приймається рішення про наявність DP-порога [5; 6], який запам'ятовується для наступного усереднення після 20 циклів вимірювання. Таким чином, через 4 с здійснюється виведення отриманого усередненого значення DP-порога на екран дисплея 14 засобу, який є вихідним після визначення обслуговуючим персоналом DP-порогів на інших частотах для побудови DP-програми.

Необхідно відзначити, що вимірювальний тракт для роботи даних алгоритмів може бути реалізований на базі аудіо DSP-процесора модуля STK TMS320VC5510 в якому замість АЦП 11 використовувався стерео аудіокодек АІС23 (2 АЦП та 2 ЦАП), а фільтри 7, 8, які складають спектральний вимірювальний перетворювач, у вигляді цифрового смугового БІХ-фільтра.

### Висновки

Розглянуті алгоритми роботи в різних режимах вимірювання сигналів, принципи побудови і синтезовані конструктивні та схемотехнічні рішення окремих блоків і вузлів об'єкта розроблення, а також результати їх моделювання [7–9] будуть покладені в основу створення макетів мікрокомп'ютерного засобу реєстрації сигналів ОАЕ.

Реалізація алгоритму роботи системи реєстрації ОАЕ дасть змогу користуватись такими перевагами методу реєстрації ОАЕ, як: швидкість, неінвазивність, об'єктивність.

Створені алгоритми роботи засобу реєстрації ОАЕ дозволяють перейти до розробки програмного забезпечення системи для роботи в обох режимах реєстрації сигналів ТОАЕ та ДРОАЕ.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Хоров О. В. Диагностика нарушений слуха у новорожденных / О. В. Хоров // Медицинский вестник. — № 48 (830). — 2007. — С. 102–114.
2. Лисенко О. М. Сучасні методи та засоби дослідження слуху людини : монографія / О. М. Лисенко. — К. : Видавництво «КВІЦ», 2002. — 176 с.
3. Пальчун В. Т. Отоакустическая эмиссия: исследование нормы / В. Т. Пальчун, Ю. В. Левина, О. А. Мельников // Вестник оториноларингологии. — 1999. — № 1. — С. 5–9.
4. Пат. 70880А України, МПК7 А61В 5/12. Система реєстрації отоакустичної емісії (варіанти) / О. М. Лисенко, Д. Ю. Лебедев. — №20031213245; Заявл. 31.12.03; Опубл. 15.10.04; Бюл. ДДІВ № 10.
5. Katz J. Handbook of clinical audiology. Fourth edition / J. Katz. — Baltimor (USA): Williams & Wilkins, 1994. — 839 p.
6. S. S. Stevens. Handbook of experimental psychology. Edited by S. S. Stevens. John Wiley & Sons., London. — 1951. — 543 p.
7. Лебедев Д. Ю. Обґрунтування вибору елементів тракту генерації та вимірювання системи реєстрації ОАЕ / Д. Ю. Лебедев, О. М. Лисенко // Приладобудування 2007: стан і перспективи: Тези доповідей VI науково-технічної конференції. — К.: ПБФ, НТУУ «КПІ». — 2007. — С. 348.
8. Лисенко О. М. Розроблення тракту вимірювання та реєстрації сигналів отоакустичної емісії на основі процесора TMS320VC5510 / О. М. Лисенко, Д. Ю. Лебедев // Вісник НТУУ «КПІ», серія Приладобудування. — 2007. — № 33. — С. 134–139.
9. Лебедев Д. Ю. Моделювання вимірювального тракту системи реєстрації отоакустичної емісії / Д. Ю. Лебедев // Вісник Черкаського державного технологічного університету. — 2005. — № 33. — С. 31–33.

Стаття надійшла до редакції 23.11.2014.